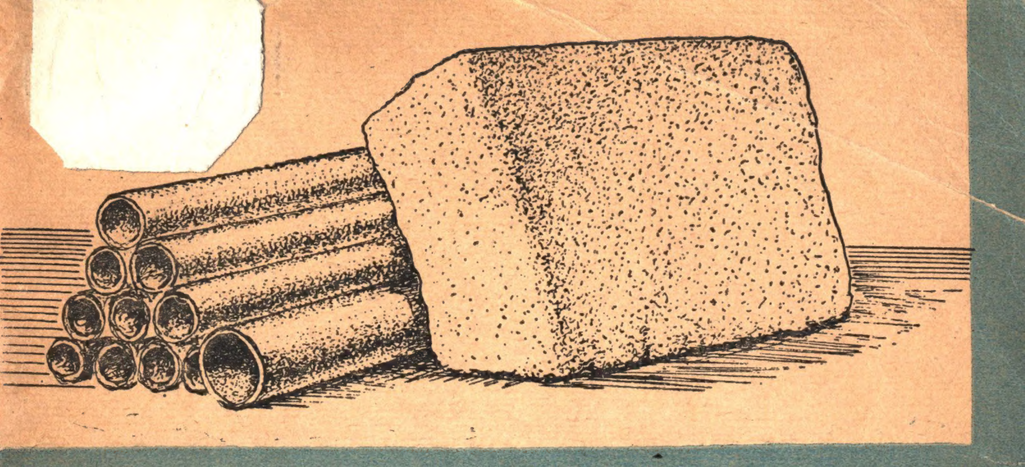


А. А. Берлин

СВЕРХЛЕГКИЕ И КОНСТРУКЦИОННЫЕ ПЛАСТМАССЫ



17



1959

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

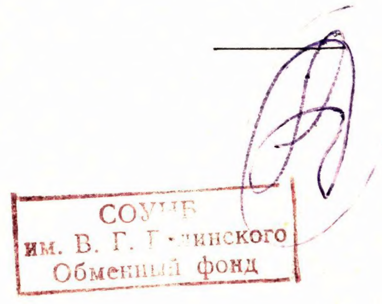
Профессор
А. А. БЕРЛИН

СВЕРХЛЕГКИЕ И КОНСТРУКЦИОННЫЕ ПЛАСТМАССЫ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Москва 1959

СОДЕРЖАНИЕ



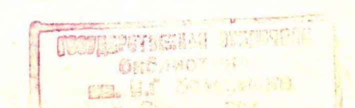
Автор
Альфред Анисимович Берлин

Редактор **И. Б. Файнбойм**
Техн. редактор **Л. Е. Атрощенко**
Корректор **Н. Н. Огородникова**
Обложка художника **И. А. Радионова**

А06972. Подписано к печати 21/IX 1959 г. Тир. 44 000 экз. Изд. № 164.
Бумага 60×92[1]/16—1,0 бум. л.=2,0 печ. л. Уч.-изд. 1,79 л. Заказ № 2072.

Типография изд-ва «Знание», Новая пл., д. 3/4.





Наше поколение живет в век мирного применения атомной энергии, космических ракет и искусственных спутников Земли, электронно-вычислительных машин и приборов-автоматов.

Решение грандиозных задач, связанных с этими достижениями современной науки и техники, было бы невозможно без синтетических полимерных материалов, созданных за последние 10—15 лет. Действительно, для развития реактивной авиации, ракетной техники, радиолокации, электроники, атомной энергетики необходимы материалы, обладающие большой легкостью, прочностью, заданным комплексом электрических свойств, стойкостью к действию химически агрессивных сред, высокой теплостойкостью.

Не менее серьезные требования предъявляет к материалам строительная техника, холодильная, автомобильная, судостроительная и вагоностроительная промышленность, а также ряд других отраслей машиностроения, для которых необходимы легкие и в то же время прочные материалы, обладающие высокими тепло-, звуко- и водоизоляционными свойствами.

Из числа полимерных материалов, открывших новые возможности для прогресса современной техники, следует прежде всего указать на газонаполненные (сверхлегкие) и высокопрочные конструкционные пластмассы.

Создание и широкое внедрение в промышленность именно этих материалов позволило решить многие актуальные проблемы самолето- и ракетостроения, радиолокации, электроники, строительной техники и других областей народного хозяйства.

В исторических решениях XXI съезда КПСС и в семилетнем плане развития народного хозяйства СССР полимерным материалам (в том числе газонаполненным и сверхпрочным) уделяется особое внимание.

К 1965 году производство некоторых типов сверхлегких и конструкционных пластмасс возрастет более чем в 80—100 раз.

Июньский Пленум ЦК КПСС (1959 г.) отметил, что в химической промышленности внедрен ряд новых высокопроизводительных технологических процессов и организован выпуск многих ценных синтетических материалов.

Нет сомнения, что советские ученые и инженеры, разработавшие многие оригинальные методы получения различных полимерных материалов, сумеют в короткие сроки добиться значительного расширения масштабов их производства и более полного удовлетворения нужд нашего народного хозяйства в этих ценных материалах.

СВЕРХЛЕГКИЕ ПЛАСТМАССЫ

Пенопласты, поропласты, сотопластические массы

Природные пористые материалы и некоторые типы твердых пен широко используются человеком с давних времен. К таким материалам относятся древесина, кожа, войлок, пемза, керамика и другие.

С развитием самолетостроения, судостроения, высотного строительства, холодильной техники резко возросла потребность в легких конструкционных материалах. Эти новые отрасли промышленности крайне нуждались в жестких и эластичных неметаллических материалах, обладающих низким объемным весом, достаточно высокой прочностью, водо- и влагостойкостью, стойкостью к воздействию агрессивных сред, плавучестью, высокими тепло-, электро- и звукоизоляционными свойствами.

Ввиду того, что природные пористые материалы не могли уже удовлетворить этим требованиям, за последние 10—15 лет широко развернулись работы по созданию легких пластических масс, обладающих указанным комплексом физико-механических свойств.

В результате этих работ на основе синтетических высокомолекулярных соединений были созданы и освоены в промышленном производстве новые типы легких материалов, значительно превосходящие природные пористые вещества. Снижение объемного веса легких пластмасс достигается путем заполнения массы высокополимера газообразными веществами. Поэтому они получили название полимерных газонаполненных материалов.

В настоящее время газонаполненные пластмассы и эластомеры[1] могут быть разделены на следующие группы:

---

[1] К эластомерам относятся каучуки, резины и другие типы полимерных материалов, обладающие высокой эластичностью в широком диапазоне температур.

ячеистые, или пенистые, пластики и эластомеры (пенопласты, пеноэласты);
пористые пластики (поропласты, пороэласты);
сотовые пластики (сотопласты);
газонаполненные волокнистые материалы.

К пенопластическим массам и пеноэластомерам следует относить полимерные материалы, по своей структуре напоминающие застывшую пену, т. е. состоящие из соединенных между собой заполненных газом ячеек (рис. 1).

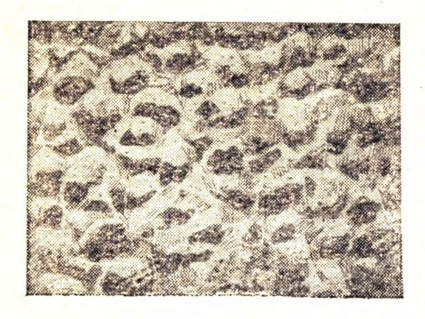


Рис. 1. Структура пенопласта.

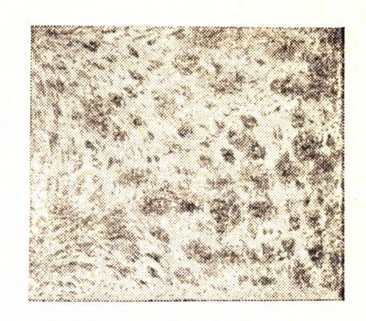


Рис. 2. Структура поропласта.

Пористые пластики и эластомеры отличаются от пенистых, или ячеистых, тем, что состоят из сообщающихся между собой полостей, заполненных газом. Вследствие этого материал является влаго- и газонепроницаемым (рис. 2).

Сотопласты являются материалами с регулярно повторяющимися полостями, пронизывающими всю массу материала в определенном направлении и характеризующимися правильной геометрической формой (рис. 3). Такие материалы получаются либо путем склеивания отформованных (например, гофрированных) листов пластика с последующей нарезкой в торец, либо непрерывным выдавливанием термопластичной смолы через специальную насадку. Сотопласты по своим свойствам приближаются к ячеистым пластикам, отличаясь от них правильной ориентацией газовых полостей.

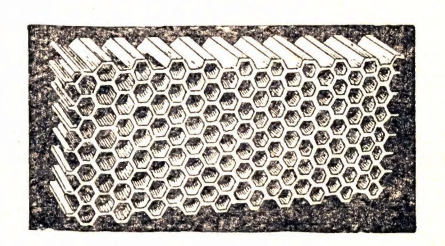


Рис. 3. Сотовый пластик.

Пластмассы с ячеистой (пенистой) или сотовой структурой широко применяются в качестве легких заполнителей в силовых конструкциях, для изготовления плавающих, спасатель-

ных и переправочных средств, как высококачественные тепло- и звукоизоляционные материалы для радиолокации и радиотехники.

Поропластические массы и эластомеры используются для изготовления пористых мембран, фильтров, амортизационных устройств, для звукоизоляции, производства гигиенических и технических губок и т. п.

Легкие волокнистые пластики состоят из склеенных высокополимерными веществами волокон, содержащих заполненные воздухом поры и капилляры, а также газовые полости, беспорядочно расположенные в материале. Они, так же как и поропласты, обладают значительной влаго- и газопроницаемостью. Легкие волокнистые пластики широко внедряются в качестве тепло-звукоизоляторов в строительную и холодильную технику, а также для производства легкой тары.

Все перечисленные типы газонаполненных пластмасс и эластомеров приобрели очень большое практическое значение, и оно продолжает все возрастать.

Предложенная классификация несколько условна, так как в практических условиях при вспенивании, наряду с заполненными газом ячейками, часто образуются поры.

Способы получения пенопластов

Придание высокополимеру микроячеистой структуры возможно путем применения следующих трех основных методов:

вспенивание эмульсий высокополимеров или смолообразующих веществ воздухом (или другим газом) с последующим отверждением жидкой пены;

вспенивание вязко-жидких смоляных композиций газообразными продуктами, образующимися при отверждении смолы или выделяющимися при термической деструкции (разрушении) специально введенных веществ—газообразователей;

вспенивание полимеров при температуре размягчения. В этом случае перед вспениванием производится насыщение полимера соответствующим газом под давлением и при температуре, достаточной для плавления материала.

Пенопласты, полученные по первому или второму способу, наряду с ячейками содержат большее или меньшее количество пор, в то время как вспенивание полимеров при температурах размягчения позволяет придать материалу наиболее равномерную микроячеистую структуру. Диаметр ячеек в среднем составляет 10^{-2}—10^{-3} *см*, толщина стенок равна 10^{-4}—10^{-5} *см*.

Для получения губкоподобных поропластических масс эластичный полимер вспенивают при повышенных температурах и резком повышении давления внутри ячеек. Твердые пористые материалы получаются методом спекания гранулированного полимера или путем выщелачивания из листового мате-

риала равномерно распределенного в нем сильно измельченного растворимого в воде вещества (поваренная соль, сульфат натрия, крахмал и др.).

Метод получения пенопластических масс вспениванием водных эмульсий полимеров применяется в промышленности для производства резиновых губок, пористого эбонита, пенокарбамидных (мипора) и пенофенольно-формальдегидных смол. Сущность этого метода легко уяснить, кратко рассмотрев, например, процесс получения пенокарбамидных пластмасс.

Для производства этого пеноматериала используется водный раствор метилольных производных мочевины, к которому добавляется эмульгатор и катализатор, ускоряющий образование карбамидной смолы [1] и, следовательно, отверждение жидкой пены. Для замешивания воздуха используют специальные мешалки, вращающиеся со скоростью 200—300 оборотов в минуту.

Пену разливают в деревянные или сетчатые формы, и после того как она превращается при температуре 20° в желеобразное состояние (процесс называют желированием), ее высушивают при температуре 40—50°. В процессе отверждения наблюдается значительная усадка материала (около 20%). Объемный вес пенокарбамидных пластиков составляет 0,015—0,06 *г/см*³. Недостатком этих материалов является их хрупкость и выделение из них токсичных продуктов при термическом разложении.

Для получения губчатой резины или пористого эбонита латекс синтетического (или натурального) каучука смешивают с пенообразователем и вулканизующими реагентами, после чего взбивают в пену. Для превращения пены в студнеобразное состояние к ней добавляют хлористый цинк или смесь окиси цинка и хлористого алюминия. Пену подсушивают и производят вулканизацию каучука по определенному режиму, при котором материал приобретает необходимые физико-механические свойства.

В последнее время большое практическое значение приобрел метод вспенивания вязко-жидких смоляных композиций. Он позволяет получать пенопласты в местах потребления и заполнять прочным пенопластом сложные полые формы без специального оборудования и нагрева.

Такой метод используют для получения фенольноформальдегидных (ФФ), полиэфируретановых (поролон), полиэпоксидных и некоторых типов кремнийорганических пенопластмасс.

---

[1] Карбамидные смолы (аминопласты) — продукты конденсации мочевины с формальдегидом. Прозрачный или просвечивающий материал, легко поддающийся окраске, не ядовитый. В виде пресспорошков применяется для изготовления предметов народного потребления и технических деталей.

Для получения фенольно-формальдегидного пенопласта без применения повышенной температуры и давления применяется вязкий раствор резольной смолы, содержащий газообразующие вещества: углекислый аммоний, углекислую мочевину, соду и т. п.

Такой раствор можно сохранять в течение нескольких месяцев и транспортировать в бутылях или цистернах. В местах потребления пенопласта к раствору резольной смолы, содержащему газообразователи, добавляется рассчитанное количество раствора сульфокислот, фосфорной кислоты или иного кислого отвердителя. Добавляемая кислота реагирует с солями-газообразователями с выделением углекислого газа и наряду с этим ускоряет превращение вспененной газом жидкой смолы в твердую пенопластмассу. После окончания процесса вспенивания и отверждения материал высушивается при комнатной или повышенной (40—50°) температуре. Полученные таким способом вспененные фенопласты имеют объемный вес 0,01—0,15 *г/см*³ и обладают высокой жесткостью, химической стойкостью, теплостойкостью.

Советскими учеными разработан и внедрен в промышленность метод, позволяющий получать пенопласты путем вспенивания расплавленной фенольно-формальдегидной смолы, содержащей отвердитель (уротропин), газообразователь и полимеры, повышающие прочность пенопласта (каучуки, поливинилхлорид, полиакрилаты). В этом случае вспенивание и отверждение материала производят при температурах 70—150°. Образующиеся пенопласты на основе модифицированной каучуком (ФК-20, ФК-40) или поливинилхлоридом (ФХ-50) фенольно-формальдегидной смолы обладают объемным весом 0,1—0,2 *г/см*³ и отличаются от пенопластов типа ФФ повышенной ударной вязкостью (ФК-20, ФК-40) и химической стойкостью (ФК-50).

Примером образования жесткого или эластичного пенопласта без применения газообразователей является получение пенопластов на основе полиэфируретанов. В последнее время этот тип газонаполненных материалов благодаря ряду выдающихся свойств приобрел весьма большое практическое значение.

Для производства полиэфируретановых пенопластов применяют полиэфиры, получаемые при взаимодействии некоторых двухосновных кислот (фталевая, адипиновая, себациновая) или их смесей с гликолями (диэтиленгликоль, бутандиол) и трехатомными спиртами (триметилопропан, глицерин). В результате реакции, протекающей при 180—240°, образуется вязко-жидкая или твердая, но легко плавкая полиэфирная смола.

В местах потребления пенопласта производится замешивание увлажненной полиэфирной смолы с 20—30% ароматиче-

ского диизоцианата (толуолендиизоцианат, 2,5-нафтилендиизоцианат и т. д.), эмульгатором и катализатором (амины). При смешении указанных ингредиентов при комнатной температуре начинается взаимодействие диизоцианата с гидроксильными и карбоксильными группами полиэфира, а также с имеющейся влагой. Результатом этой реакции является выделение газообразной углекислоты и превращение жидкой смоляной композиции в эластичный или твердый пенопласт. Для повышения стабильности материала полученный пенопласт рекомендуется подвергнуть тепловой обработке при 100—150°.

Пенополиэфируретаны (поролоны) обладают объемным весом 0,02—0,2 *г/см*³ и характеризуются значительной прочностью, эластичностью, водостойкостью и устойчивостью к топливу, маслам и растворителям.

В настоящее время уже освоены методы получения в местах потребления пенополиэпоксидов и пенополисилоксанов.

Особый интерес представляют жесткие или эластичные пенополисилоксаны. Эти материалы получаются с объемным весом 0,01—0,2 *кг/см*³. Они обладают прекрасными электроизоляционными свойствами и могут использоваться в широком интервале температур (от минус 80 до плюс 350°).

Вспенивание полимеров при температуре перехода в высокоэластическое состояние протекает в условиях, благоприятствующих образованию изолированных микроскопических ячеек.

Для получения пенопласта этим методом порошкообразная смесь полимера и газообразователя загружается в герметичные пресс-формы и подвергается прессованию при давлении порядка 50—250 *кг/см*² и температурах 120—180°, необходимых для плавления полимера и разложения газообразователя. Образующиеся газы: азот, углекислый газ, аммиак и т. п., растворяются в расплаве — пластмассе. Полученная запрессовка после охлаждения извлекается из пресс-формы и помещается в термошкаф или кипящую воду.

При нагревании материала до температуры, при которой он переходит в высокоэластичное состояние, растворенные в полимерах расширяющиеся газы вспенивают запрессовку до заданного объемного веса.

Советскими учеными впервые еще в 1946 году был разработан и внедрен в промышленность метод получения пенопластов на основе смесей полимеров и мономеров. Метод полимер-мономерных композиций позволил в процессе прессования получать «привитые сополимеры», придающие пенопластическим массам широкий комплекс физико-механических свойств. В качестве газообразователей применяются дешевые минеральные соли (например, сода, углекислый аммоний). В результате получаются микроячеистые пластики, по свойствам превосходящие многие типы пенопластов, производящихся за рубежом с

затратой сложных органических газообразователей — порофоров (динитрила азодизомасляной кислоты, бензолсульфогидразида и др.).

В СССР получил большое распространение в промышленности получаемый по методу полимер-мономерных композиций пенопласт ПХВ-1 — материал, в основном состоящий из вспененного привитого сополимера поливинилхлорида и полиметилметакрилата. Объемный вес ПХВ-1 составляет 0,08—0,2 *г/см*³. Этот материал обладает значительной прочностью, легкой формуемостью, стойкостью к большинству минеральных кислот, малой горючестью и рядом других важных технических свойств.

Из числа размягчающихся при нагревании (термопластичных) полимеров для производства пенопластов применяются поливинилхлорид, полистирол, полиметилметакрилат, сополимеры винилденхлорида и винилхлорида, ацетилцеллюлоза и т. п.

В последнее время в опытном масштабе освоено получение пенопластов на основе поливинилкарбазола полиэтилена и полипропилена. Недавно разработан новый метод получения пенополиметилметакрилата, основанный на облучении полимера нейтронами и γ-лучами. Облучение образцов непластифицированного и пластифицированного органического стекла осуществлялось при 70°. При последующем прогреве материала в течение одного часа при температуре 125° наблюдалось равномерное вспенивание, приводящее к получению пенопласта с объемным весом 0,12—0,15 *г/см*³. Вспенивание облученного полимера протекало лишь на глубине более 1 *мм*, вследствие чего образовывалась сплошная оболочка полимера, повышавшая поверхностную твердость, прочность и водонепроницаемость пенопласта.

Для повышения прочностных характеристик пенопластов значительный интерес представляют разработанные нашими технологами принципы их армирования.

Армированные пенопласты представляют собой комбинированный материал, состоящий из армирующей конструкции (например, гофры, соты), выполненной из стеклопласта древесного пластика и т. п., залитых отвержденной пеной.

Они находят применение в строительной технике, самолетостроении и судостроении для изготовления деталей и агрегатов, несущих большие нагрузки.

Получение поропластических масс

Для получения материалов, состоящих в основном из сообщающихся между собой микро- или макроскопических пор, применяют следующие способы:

спекание волокнистого, гранулированного или измельченного полимера при повышенной температуре;

выщелачивание из листовой пластмассы растворимого в воде (или в другом не растворяющем полимер веществе) высокодисперсного (сильно измельченного) наполнителя;

вспенивание при повышенных температурах эластомеров или смесей полимеров с большим количеством пластификатора газами или парами, легко диффундирующими (проходящими) через стенки ячеек (CO_2, H_2, H_2O).

Спекание гранулированных полимеров применяется для получения пористого поливинилхлорида и политетрафторэтилена (тефлона). Для получения пористого тефлона измельченные до необходимой величины зерна (гранулы) полимера нагревают под давлением 7—10 *кг/см²* при температуре не ниже 327°. Образующийся в результате спекания материал обладает большой химической стойкостью и проницаемостью для жидкостей, газов и паров. Однако таким путем не удается получить материал с достаточной прочностью.

Более прочные поропластмассы получаются путем выщелачивания водой равномерно распределенных в пластике водорастворимых солей. Таким способом можно получать эластичный и жесткий пористый поливинилхлорид, поропласты на основе полиэфиров и полиамидных смол, а также вискозные губки.

В последнее время нашел широкое применение более совершенный метод получения микропористого поливинилхлорида, по которому мелкоизмельченный поливинихлорид смешивают с крахмалом и летучим растворителем. Получающаяся пастообразная композиция прессуется в листы. Далее листы при повышенной температуре освобождают от растворителя и обрабатывают кислотой для гидролиза крахмала и растворения образовавшихся продуктов. После промывания и высушивания получается микропористый материал, состоящий на 80—85% из микроячеек (диаметром 0,015 *мм*), соединенных между собой ультрамикроскопическими порами (диаметром 0,001 *мм*).

Сотопласты

Принцип получения сотопластов состоит в следующем: на листовой материал (ткань, бумага, древесный шпон, стеклоткань, металлическая фольга) специальным роликом с определенными промежутками наносятся полоски склеивающей смолы. Обработанные таким образом листы укладываются в стопу с таким расчетом, чтобы полоски клея располагались по толщине в шахматном порядке.

Пакет, состоящий из заданного числа слоев листового наполнителя, помещается в пресс-форму или рамку и запрессовывается при давлении 8—15 *кг/см²* и температуре, необходимой для отверждения клеевого вещества. В случае приме-

нения фенольно-формальдегидных смол температура прессования составляет 140—150°.

После прессования слоистый материал ставится на торец и разрезается в горизонтальном направлении на полоски толщиной, соответствующей заданной толщине сотопласта. Полученные многослойные пластины растягиваются в двух противоположных направлениях; при этом образуется сотоподобная структура (рис. 3).

Для придания непропитанным участкам листового наполнителя жесткости и водостойкости сотоподобный материал погружается в раствор или суспензию смолы. После пропитки материал помещается в камеру, где выдерживается при повышенной температуре для удаления растворителя и затем при более высокой температуре для отверждения пропитывающей смолы.

Для получения сотопластов на основе стеклоткани или металлической фольги применяют фенольно-формальдегидные или эпоксидные смолы, а также некоторые типы непредельных полиэфиров.

Металлические сотовые материалы обладают более высокой теплостойкостью и водостойкостью по сравнению с другими типами сотопластов. Такие материалы привлекают большое внимание технологов, работающих в области самолетостроения и судостроения.

Сотовые пластмассы на основе органических тканей и бумаги благодаря своей невысокой стоимости, низкому объемному весу, относительно хорошим тепло- и звукоизоляционным свойствам и значительной прочности нашли широкое применение в различных областях техники.

В большинстве случаев объемный вес сотопластов и металлических сотовых материалов находится в интервале 0,06—0,1 *г/см*³. Объемный вес и большинство физико-механических свойств сотопластов зависят от формы и размеров сот, а также от природы материала, образующего стенки полостей. Сотопласты находят широкое применение как легкий заполнитель и тепло-звукоизоляционный материал в строительной технике, авто-, авиа- и судостроении.

Волокнистые пластмассы

Легкие пластмассовые плиточные материалы на основе органических и минеральных волокон, пропитанных и склеенных синтетическими смолами, изготовляют с помощью технологических приемов, хорошо известных в технологии древесно-волокнистых плит и картона.

Принцип получения таких материалов заключается в том, что древесные или целлюлозные волокна пропитывают синтетической термореактивной или термопластичной смолой и отливают на отливочной машине. При получении сложных изде-

лий пользуются сеточными формами. Отлитые пластины или отформованные детали высушивают при температуре 40—50°, а затем подвергают термообработке, необходимой для сплавления и отверждения смолы, склеивающей волокнистый наполнитель. В большинстве случаев в качестве проклеивающих материалов применяются фенольно-формальдегидные, мочевино- или меламино-формальдегидные смолы. Количество смолы в композиции не превышает 15—20% от веса волокнистой массы. При употреблении в качестве связующего фенольно-формальдегидных смол термообработка проводится при температуре 140—150°. Процесс сплавления и отверждения композиций на основе карбамидных смол осуществляется при более низких температурах (120—130°).

В некоторых случаях легкие волокнистые материалы получают без пропитки волокон синтетическими смолами, применяя поверхностное покрытие лаками на основе водостойких полимеров. Эти материалы уступают проклеенным по прочности при сдвиге и по водостойкости.

Для повышения прочности сцепления при отливе не пропитанных синтетическими смолами волокнистых материалов используются сульфитные щелока (отход производства целлюлозы).

Наряду с органическими волокнами для производства газонаполненных волокнистых материалов могут быть с успехом использованы некоторые типы минеральных волокон, в частности асбест и смесь асбеста с древесными опилками или древесными волокнами.

Объемный вес газонаполненных органических волокнистых материалов колеблется в интервале 0,1—0,3 *г/см*³. Подобные материалы на основе минеральных волокон несколько тяжелее (объемный вес 0,2—0,3 *г/см*³).

В настоящее время еще не найдены способы получения газонаполненных волокнистых пластиков, обладающих достаточно высокой прочностью и устойчивостью к действию атмосферной влаги. Тем не менее газонаполненные волокнистые материалы приобрели большое практическое значение и довольно широко применяются для тепло- и звукоизоляции в жилищном строительстве и вагоностроении.

Основные свойства и области применения газонаполненных пластмасс

Обладая низким объемным весом (рис. 4) и микроячеистой структурой, пенопластические массы отличаются хорошей плавучестью, высокими тепло-, звуко- и электроизоляционными свойствами. Исследование грузоподъемности в воде различных материалов показывает, что плавучесть пенопластов во много

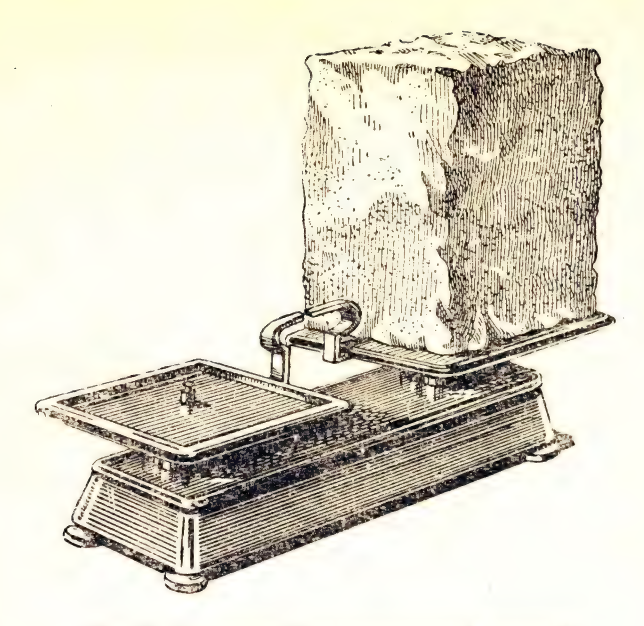


Рис. 4. Пенопласт, уравновешенный гирькой.

раз превышает пробку и другие аналогичные материалы (рис. 5).

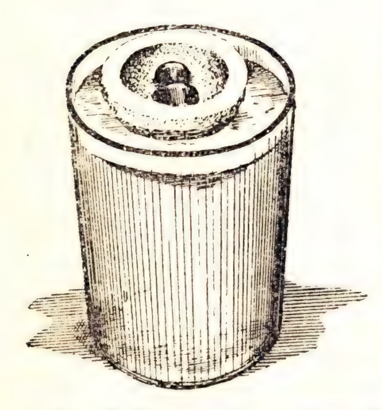


Рис. 5. Плавучесть пенопласта. На полушарие из пенопласта положена крупная гиря.

По своим теплоизоляционным свойствам пенопластические массы относятся к наиболее высококачественным термоизоляционным материалам (см. приложение, таблица 1).

Коэффициент теплопроводности полимеризационных пенопластических масс почти не зависит от влажности окружающей атмосферы.

Жесткие и эластичные пенопласты мало проницаемы для звуковых колебаний. Наибольшей звукопоглощающей способностью обладают эластичные пористые (губкоподобные) и в меньшей степени ячеистые пеноматериалы (см. приложение таблица 2). Эти материалы мало проницаемы для звуковых колебаний. В то же время они проницаемы для жидкостей, паров и газов и, кроме того, обладают адсорбционными и фильтрующими свойствами.

Переход от монолитного пластика к пенопласту связан со значительным изменением диэлектрических свойств материала. С увеличением степени вспенивания повышается электрическое сопротивление и снижается пробивное напряжение высокополимера. Для некоторых типов ячеистых пластиков (пенополистирол, полиэфируретановые пенопласты, пеноэбонит) диэлектрическая постоянная близка к единице при весьма малой величине электрических потерь. Механическая прочность пенопластов определяется природой полимера, равномерностью и степенью вспенивания, наличием пор и рядом других особенностей.

Как правило, уменьшение объемного веса пенопласта приводит к уменьшению прочностных характеристик. Однако прочность, отнесенная на единицу веса, в этом случае остается практически неизменной, а для некоторых материалов (например, пенополистирол) даже несколько увеличивается. Наличие пор, «каверн», неравномерность ячеистой структуры резко ослабляют материал. Основные физико-механические показатели некоторых типов пенопластических масс и, сотопластов, производящихся в СССР и за границей, приведены в приложении, таблицы 3 и 4.

Большинство рассмотренных пенопластических масс хорошо обрабатывается сверлением, фрезерованием, пилением, шлифовкой и т. п. В этом отношении исключение составляют мипора и пенопласты на основе фенольно-формальдегидных смол, механическая обработка которых затрудняется вследствие хрупкости этих материалов.

Пенопласты легко склеиваются между собой и с другими материалами различными клеями. Экспериментально было установлено, что для этой цели пригодны фенольно-формальдегидные или каучуковые клеи холодной вулканизации, а также растворы некоторых полимеров (например, перхлорвиниловой смолы).

Весьма важным свойством термопластических пенопластов является их способность к формованию при температурах на 30—40° выше точки размягчения соответствующего полимера. Для формования, как правило, достаточно применение сравнительно невысокого давления (0,25—1 *кг/см*²). Листовые пенопласты на основе термореактивных смол способны лишь к ограниченному формованию при повышенных температурах и давлениях. Поэтому для получения деталей сложной формы из таких материалов применяют склеивание отдельных секций.

Пенопластические массы, поропласты, а также различные типы ячеистых и пористых эластомеров приобретают все возрастающее значение в различных областях промышленности. Несмотря на то, что производство пенопластов в достаточно

крупном масштабе организовано лишь в последние 10—15 лет, в настоящее время трудно указать такую область народного хозяйства, где бы эти материалы не давали каких-либо технических или экономических преимуществ.

Пенопластические массы и сотопласты в комбинации с высокопрочными листовыми материалами (стеклотекстолит, фанера, металл и т. д.) нашли широкое применение в качестве легкого заполнителя для производства звуконепроницаемых перегородок, деталей и агрегатов самолетов, корпусов легких судов, легких кузовов автомашин, специальных типов тары, спасательных и переправочных устройств, легких, прочных протезов и т. п.

Трехслойные материалы с промежуточным слоем из пеноацетилцеллюлозы применяются в качестве огнезащитных переборок.

Высокая грузоподъемность и непотопляемость пенопластов позволяют применять эти материалы в качестве наплавов промышленного рыболовства, для изготовления спасательных плотов, поясов и кругов, в качестве судовой гидроизоляции, для производства легких непотопляемых катеров и т. п.

Эластичные пенопласты с успехом используются в качестве амортизационных прокладок и для изготовления спасательной одежды. Они являются высококачественными амортизационными материалами.

Пористые эластичные пластики и резины являются прекрасными гигиеническими и техническими губками, а также могут быть с успехом применены в качестве материала для сидений и ряда других назначений.

Пенопласты, пеноэластомеры и сотопласты благодаря высоким теплоизоляционным свойствам широко применяются в строительстве домов, в производстве холодильников и в химической промышленности.

Пористые и ячеистые пластики, а также сотопласты с успехом используются для звукоизоляции купе, кабин и машинных отделений.

Диэлектрические свойства некоторых типов пенопластов открыли для этих материалов практически неограниченные возможности применения в радиотехнике и радиолокации.

Эластичные пористые материалы широко применяются в качестве специальных бинтов в восстановительной хирургии.

Жесткие поропласты приобрели большое значение в производстве фильтров, сепараторов электрохимических батарей и аккумуляторов.

В последнее время пенопластические массы и сотопласты все больше используются в промышленности, производящей предметы широкого потребления. Так, комбинируя газонаполненные пластмассы с пропитанными синтетическими смолами

тканью, шпоном или бумагой, получают изящную легкую мебель, облицовочные плиты, подставки для хранения полуфабрикатов, а также высококачественную тару.

АРМИРОВАННЫЕ ПЛАСТМАССЫ

Одной из важнейших задач современной техники является создание конструкционных материалов, обладающих наряду с высокой прочностью низким весом, легкой перерабатываемостью в изделия любой заданной формы и размера. При этом они должны сочетать высокую стойкость к воздействию влаги, воздуха, света, тепла, а в некоторых случаях химически агрессивных веществ, электрического напряжения и лучей высокой энергии.

Такие материалы крайне необходимы для развития современного самолето- и ракетостроения, аппаратостроения, авто- и судостроения, строительной техники и т. п. Известные и общепринятые конструкционные материалы — металлы и древесина — уже далеко не во всех случаях удовлетворяют возросшим требованиям различных областей техники.

Наиболее подходящим материалом для создания современных конструкций могли бы являться пластические массы.

Однако известные до 1930—1940 годов типы пластиков по механической прочности уступали древесине и металлам, что позволяло их применять лишь для изготовления сравнительно мало нагруженных деталей и агрегатов.

Это стимулировало ученых и технологов направить свои усилия на поиски методов упрочения пластиков путем их армирования более прочными материалами.

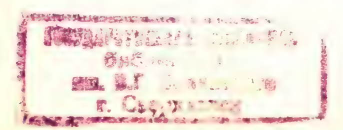
Для этой цели прежде всего начали применять материалы на основе целлюлозных (хлопок), древесных, стеклянных или асбестовых волокон, пропитанных отверждающимися при нагревании фенольно-формальдегидными, карбамидными или меламино-формальдегидными смолами.

Изделия из армированных волокнами пластмасс (волокнитов) получают путем прессования или литья материала при высоких давлениях (250—300 *кг/см*²) и при повышенных температурах (120—170°).

Показатели прочности волокнита зависят от химической природы обоих компонентов, условий обработки (давление и температура прессования) и ряда других факторов.

Наиболее интересным типом волокнитов являются материалы на основе стеклянных волокон (стекловолокниты). Эти материалы обладают довольно высокой прочностью к ударным нагрузкам и теплостойкостью.

Повышенные механические свойства стекловолокнита объясняются тем, что тонкие нити стекла (диаметром 5—20 ми-



крон) по пределу прочности на растяжение в 2—5 раз, а по модулю упругости в 3—10 раз превышают хлопковое волокно и могут эксплуатироваться при значительно более высоких температурах (кратковременно 400—500° вместо 150—200°).

Различные типы волокнитов применяются для изготовления корпусов приборов, распределительных щитов, тормозных колодок и ряда других изделий.

Однако недостаточно высокие физико-механические свойства и высокие давления, необходимые для переработки волокнитов в изделия, делают эти материалы лишь ограниченно пригодными для получения крупногабаритных деталей и агрегатов, рассчитанных на жесткие условия эксплуатации при больших нагрузках.

Дальнейшим этапом в развитии производства конструкционных пластиков являются слоистые пластмассы — материалы, в которых в качестве армирующего наполнителя применяются листовые волокнистые материалы (например, древесный шпон, бумага) или текстильные ткани.

Таким образом, слоистые пластики состоят из многих слоев пропитанного синтетической смолой армирующего наполнителя, соединенных отвержденным связующим в монолитный материал.

Чем выше прочность листового наполнителя, чем прочнее он связан со связующим, чем больше прочность, теплостойкость, влагостойкость связующего, тем выше физико-механические свойства конструкционного пластика и шире области его практического использования.

Большим достижением современной техники является создание пластических масс, армированных стеклотканью (стеклотекстолиты) или ориентированным стекловолокном (стекловолокнистый анизотропный материал — СВАМ).

Такие материалы сочетают свойственную стекловолокнам высокую прочность и теплостойкость с легкой формуемостью, химической и атмосферостойкостью и высокими диэлектрическими свойствами полимерных материалов. Конструкционные стеклопластики в 1,5 раза легче дуралюмина[1] и в 4,5—5 раз легче стали. По удельной прочности[2] они занимают первое место среди известных в настоящее время конструкционных материалов (см. приложение, таблица 5).

Сравнительная оценка физико-механических свойств и техно-экономической перспективности различных типов конструк-

---

[1] Дуралюмин — наиболее широко применяемый тип сплавов на основе системы алюминий — медь (2,2—5,2%) — магний (0,2—1,8%) — марганец (0,3—1,0%).

[2] Удельная прочность — прочностные показатели, отнесенные к единице веса материала.

ционных пластмасс позволяет прийти к заключению, что для развития современной техники, кроме стеклопластиков, представляют большой интерес слоистые древесные пластмассы — материалы, производящиеся на основе дешевого и массового сырья — древесного шпона и доступных связующих.

Остановимся несколько подробнее на этих типах конструкционных пластмасс.

Древесные слоистые пластмассы

Эти материалы получаются путем горячего (120—160°) прессования (давление 50—200 *кг/см*²) пропитанных синтетическими смолами тонких листов древесного шпона (например, березового), уложенного один на другой в долевом и поперечном направлениях. В зависимости от укладки листов шпона, типа связующего и принятого режима прессования получаются древесные слоистые пластики (ДСП) самых различных типов.

В настоящее время наибольшее практическое значение получили древесные пластики с применением в качестве связующего фенольно-формальдегидных смол.

К таким материалам относятся разработанные в СССР лигнофоль, балинит (ДСП-20) и дельта-древесина (ДСП-10). Древесные пластики указанных типов нашли применение для изготовления силовых обшивок катеров, внешних слоев строительных плит, фюзеляжей тренировочных самолетов и планеров, корпусов некоторых машин и аппаратов, элементов жесткости конструкций и т. п.

Из плиточных ДСП изготовляют вкладыши подшипников, втулки, шестерни, фрикционные шкивы и т. п.

Существенным недостатком древесных слоистых пластиков является их весьма ограниченная способность к формованию в увлажненном и нагретом состояниях, сравнительно резкое снижение механической прочности и некоторая формоизменяемость при увлажнении.

В связи с этим представляют большой практический интерес разработанные советскими учеными еще в 1942—1943 годах термогибкие слоистые древесные пластмассы типа беролит (рис. 6), ДСТП-3, ДСТП-5 и др.

Путем обработки древесного шпона раствором дициандиамида или применения в качестве связующего резольно-новолачных смоляных композиций удалось придать древесному пластику способность размягчаться при температуре 120—140°.

Получаемый на основе такого шпона слоистый пластик можно формовать в нагретом состоянии при низких давлениях (0,5—1,5 *кг/см*²). Таким образом, открывается возможность получения из слоистого пластика высокопрочных крупногабаритных изделий.

Термогибкие древесные пластмассы по механической прочности не уступают жестким ДСП, а по легкости переработки в изделия имеют перед ними значительные преимущества.

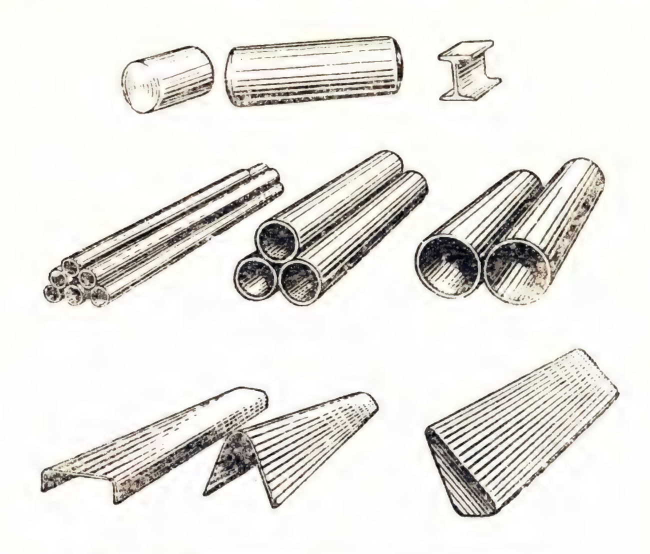


Рис. 6. Технические изделия из беролита.

Действительно, формование нагретых листов (гнутье, штамповка) термогибких древесных пластмасс занимает всего несколько минут и по производительности и техническим возможностям является наиболее совершенным методом переработки листовых слоистых древесных пластмасс в детали криволинейной формы.

На нагретых листах беролита или ДСТП легко отштамповываются любые рисунки, а острые штампы позволяют за несколько секунд получать отверстия нужной формы и размера.

Термогибкие древесные пластики могут быть с успехом использованы для производства корпусов судов, кузовов автомашин, деталей планеров и вертолетов, силовых элементов (например, труб, гофров), хранилищ, упругих спиралей (пружин), облицовки, строительных древесно-волокнистых плит, высокопрочной легкой мебели и т. п.

Крупногабаритные изделия сложной формы из древесных пластиков и других слоистых пластмасс можно получать непосредственно из пропитанного смолой шпона, минуя процесс получения слоистого листового пластика.

Беспрессовое получение изделий из склеенных между собой листов или «полотнищ» шпона обычно осуществляется на простых твердых полуформах, изготовленных из дерева, фанеры, гипса или металла.

Второй половиной формы служит резиновый мешок, при помощи которого осуществляют передачу давления (до 20 *кг/см*²) на прессуемую выкладку нескольких слоев шпона, пропитанного фенольно-формальдегидной смолой или проложенного склеивающей (например, бакелитовой) пленкой.

Широкое внедрение беспрессовых методов получения крупногабаритных изделий в судостроение, авто- и вагоностроение, строительную технику и различные отрасли приборо- и машиностроения весьма целесообразно.

Тем не менее следует иметь в виду, что по ряду показателей (прочность на разрыв, твердость и т. п.) детали, полученные беспрессовым методом, могут уступать изделиям, полученным термогнутьем или термоштамповкой высокопрочных слоистых термогибких древесных пластмасс.

Стеклопластмассы

Основным армирующим наполнителем при получении стеклопластиков является стекловолокно и стеклоткани. В последнее время, наряду со стекловолокнами и стеклотканями, в производстве стеклопластов находят применение ткани, образованные переплетением синтетических (найлон, терилен) и стеклянных или кварцевых волокон.

Принцип получения стеклянных волокон в основном состоит в вытягивании расплавленной стекломассы (при температуре 1200—1400°) через тонкие отверстия (фильеры) с большой скоростью (1500—2000 *м* в минуту).

Диаметр стеклянных волокон может колебаться в широких пределах (от 1 до 50 микрон). Однако для производства стеклопластиков применяют волокна с диаметром 5—15 микрон. Высокая прочность (см. приложение, таблица 5), негорючесть, стойкость к растворителям, сравнительно высокая водостойкость и электроизоляционные свойства стекловолокна и тканей на его основе обусловили большие масштабы использования этих материалов для производства высокопрочных конструкционных пластических масс.

Идея получения конструкционных стеклопластиков принадлежит советским исследователям, которыми еще в 1941 году были намечены два пути получения таких материалов.

Принцип первого метода состоит в пропитке освобожденных от шлихты стеклотканей или стекловолокон термореактивной или термопластичной синтетической смолой с последующим прессованием пакета из листов стеклоткани или стекловолокон при повышенной температуре (до 150°) и давлении (до 100 *кг/см*²). В процессе прессования размягченная или расплавленная смола пропитывает слои стеклоткани, прочно соединяя их между собой в монолитные листы (или изделия)

прочного пластика. В тех случаях, когда в качестве связующего используются термореактивные полимеры, т. е. вещества, способные при нагревании переходить в неплавкое и нерастворимое состояние, получаются более теплостойкие и устойчивые к растворителям и маслам стеклопласты. Применение неотверждаемых в условиях прессования или формования пластиков, термопластических смол позволяет получать менее теплостойкий, но зато формуемый при повторном нагреве листовой материал.

В качестве термореактивных связующих для стеклопластиков применяются спирто- и водорастворимые резольные фенольно-формальдегидные смолы, композиции фенольно-формальдегидных смол и бутвара, эпоксидные, эпоксидно-фенольные, фенольно-силиконовые и ряд других смол.

В качестве термопластичного связующего часто используют этил- и ацетилцеллюлозу, ацетобутират целлюлозы, фенольно- и мочевино-формальдегид-каучуковые композиции и ряд других.

Другое направление в области стеклопластиков основано на применении в качестве армирующего наполнителя, не подвергнутого шлихтованию и крутке ориентированного стекловолокна. Использование такого не ослабленного механической обработкой стекловолокна позволяет получать более высокопрочные стеклопластики. Принцип технологии получения таких материалов состоит в протягивании пучка стекловолокон на поверхности барабана, куда наносится смола (например, фенольно-эпоксидная или фенольно-бутварная), склеивающая волокна. Снятый с барабана тонкий лист склеенных между собой одинаково направленных стекловолокон носит название стеклошпона.

Из покрытого связующим стеклошпона набирается пакет с нужным порядком расположения волокон. После прессования листов стеклошпона при повышенной температуре получается слоистый материал с более или менее выраженной неравномерностью (анизотропией) свойств в различных направлениях. Стекловолокнистые анизотропные материалы (СВАМ) являются наиболее прочным типом стеклопластов.

Принцип СВАМ может быть применен для изготовления весьма прочных труб, силовых элементов, формованных деталей, сэндвич-конструкций и т. п.

Большие технические перспективы для получения крупногабаритных цельноформованных деталей сложной формы открывает метод контактного формования.

Принцип этого метода состоит в пропитке стеклоткани, стекломатов и стеклошпона (или другого армирующего наполнителя) связующим, способным отверждаться при комнатной или повышенной температуре без выделения летучих продуктов.

Отсутствие летучих продуктов исключает образование пустот и пор, ослабляющих материал, что позволяет получать изделие без применения высокого давления при простом контактировании слоев пропитанной ткани или волокон. Контактное формование обычно осуществляют с применением гипсовых, металлических или пластмассовых форм, по которым выкладываются пропитанные связующим слои армирующего наполнителя. Необходимое контактирование слоев наполнителя и смолы достигается путем уплотнения прикаткой, плотной перевязкой или вакуумированием «пакета», помещенного в резиновый мешок.

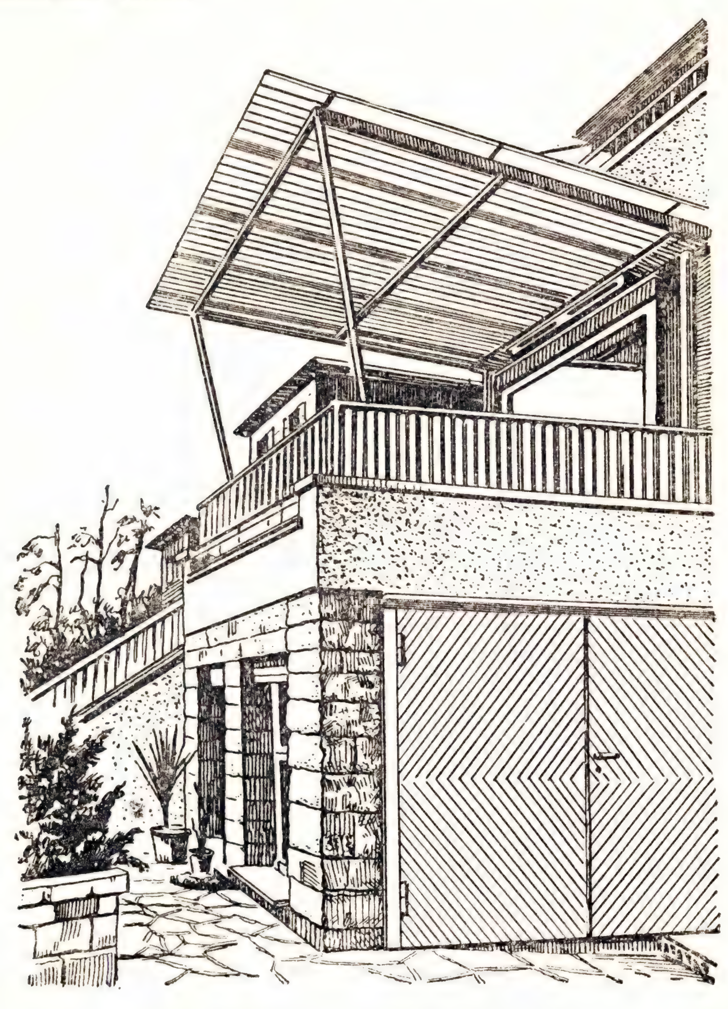


Рис. 7. Прозрачная крыша из стеклопластов.

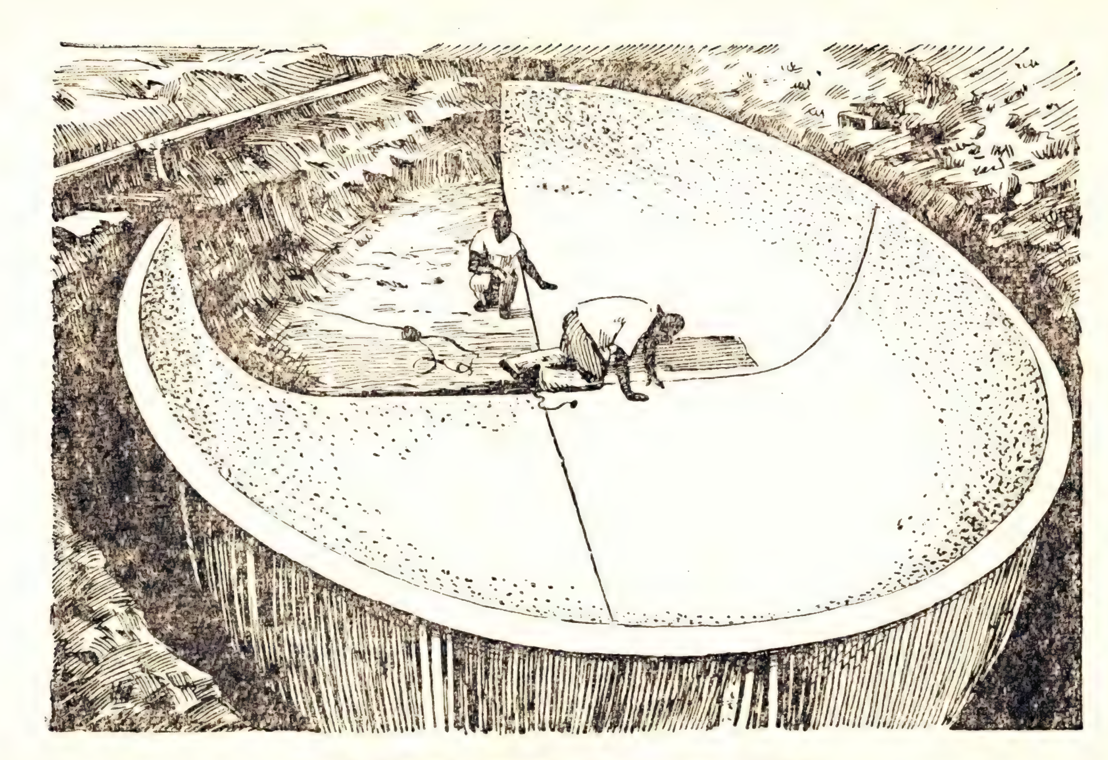


Рис. 8. Сборка бассейна из стеклопласта (США).

Необходимые для контактного формования связующие в большинстве случаев получаются на основе непредельных полиэфиров и стирола или эпоксидных смол.

Наиболее перспективными с экономической и технической точки зрения являются впервые разработанные и внедренные в СССР полиэфиракрилаты.

Применение полиэфиракрилатов, а также некоторых других контакных связующих (полиэфирмалеинаты, эпоксиднофенольные смолы) позволяет изготовлять методом контактного формования при комнатной или повышенной (80—100°) температурах, например, корпуса катеров, кузовы автомашин, трубы, корпуса аппаратов, прочную тару, прозрачные крыши и многие силовые элементы домостроительства и т. п. (рис. 7, 8 и 9).

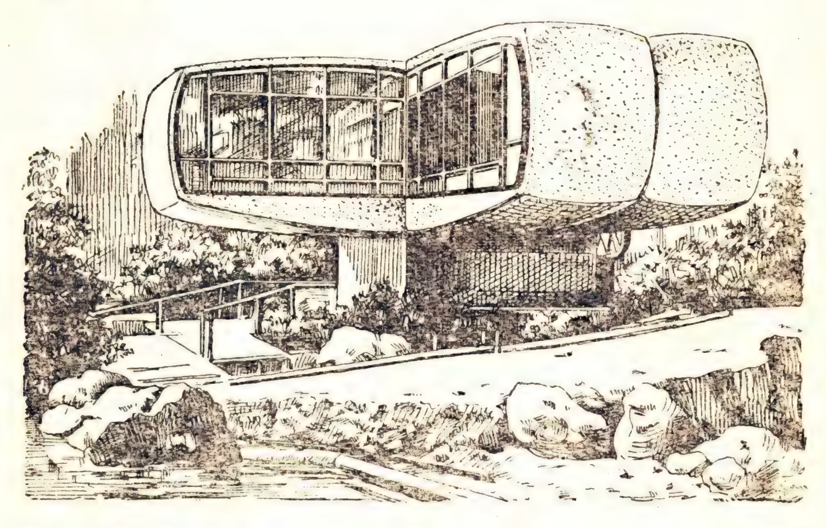


Рис. 9. Легкий домик из стеклопластов и пенопластических масс (США).

Конструкции из стеклопластов или асбопластов имеют большие преимущества перед пластиками, армированными органическими волокнами по прочности, теплостойкости и стабильности в условиях эксплуатации. В связи с этим их следует применять в тех случаях, когда та или иная деталь или агрегат работают при больших статических или динамических нагрузках в условиях повышенной влажности или температуры.

Стеклопластмассы по удельной прочности и ряду физико-механических показателей (например, стойкости к коррозии, диамагнитным и электроизоляционным свойствам, простоте обработки и т. п.) имеют несомненные преимущества перед металлами и большинством металлических сплавов.

Семилетним планом предусмотрено широчайшее развитие производства контактных связующих стеклопластиков, древесных пластических масс и легких заполнителей.

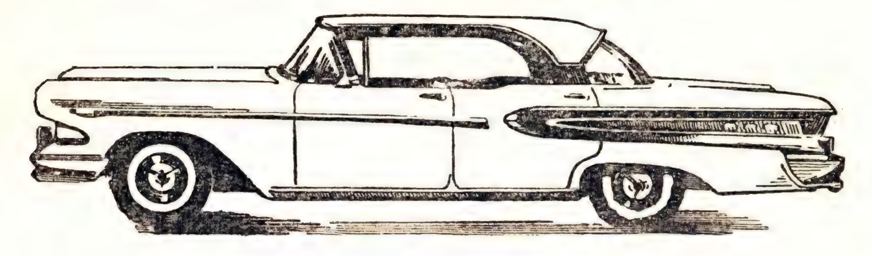


Рис. 10. Легковая машина с кузовом из стеклопластов.

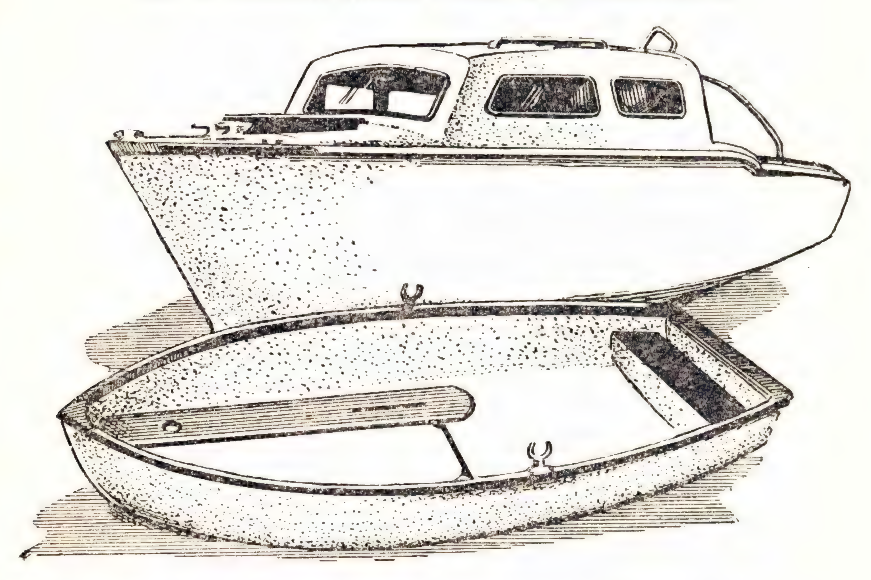


Рис. 11. Катер и лодка, изготовленные из стеклопластов.

Эти мероприятия обеспечат новый качественный скачок в строительной технике, судо- и автостроении, (рис. 10 и 11), машиностроении, химической и пищевой индустрии и в ряде других областей промышленности.

Слоистые материалы на основе конструкционных и газонаполненных пластмасс

Для производства нагруженных деталей домостроения, самолето-, судо- и автостроения и ряда других областей техники требуются легкие материалы, способные противостоять большим статическим и динамическим нагрузкам. Применение для

этого толстостенных конструкционных материалов в большинстве случаев недопустимо как с точки зрения весовых характеристик, так и по техно-экономическим соображениям.

В связи с этим возникла идея получения трехслойных материалов, состоящих из внешних тонких листов высокопрочного материала (армированный пластик, металл), прочно соединенных с сравнительно толстым (10—30 *мм*) слоем газонаполненного материала, играющего роль легкого заполнителя. Идея таких трехслойных сэндвич-материалов не нова, но использование для этой цели пластических масс создало большие возможности для внедрения в практику такого рода комбинированных строительных материалов.

В сэндвич-конструкциях внешние листы армированного пластика или металла воспринимают ударные нагрузки и работают на растяжение, в то время как жесткость и устойчивость обусловлены слоем легкого заполнителя (пенопласт, сотопласт), соединяющим тонкие листовые облицовки в единую конструкцию (рис. 12).

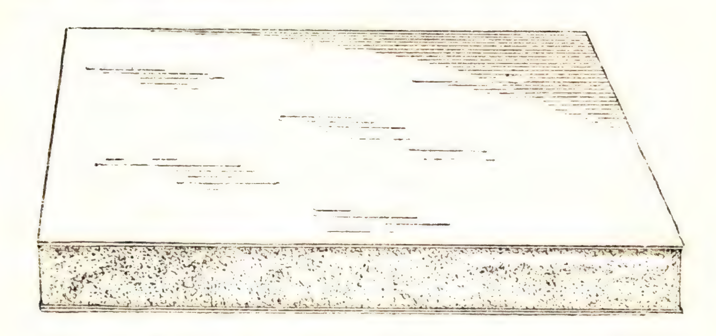


Рис. 12. Трехслойный (сэндвич) материал из двух тонких листов конструкционного материала (дуралюмин, сталь, стеклопласт, фанера и др.) и легкого заполнителя (пенопласт).

Можно сказать, что материалы промежуточного слоя должны превращать напряжения сжатия в напряжения растяжения и противостоять действию срезывающих усилий, возникающих в центральной части образца.

В качестве облицовочных материалов применяют древесные слоистые пластмассы, стеклопластики, металлургическую фольгу, пластики, армированные прочным текстилем из синтетических или природных волокон, а также бумаги и т. п. Склеивание листовых материалов с легким заполнителем осуществляется либо в процессе вспенивания, либо при формовании, либо в процессе сборки конструкции. В качестве клеев широко используются фенольно-формальдегидные, эпоксидные, мочевино- и меламино-формальдегидные смолы.

Выбор материалов для сэндвич-конструкции определяется требованиями, предъявленными к эксплуатации этих конструкций.

Для авиационных нужд, где предъявляются повышенные требования к снижению веса и температуроустойчивости, используют стеклопластики на основе композиций, содержащих силиконовые смолы, выдерживающие длительно температуру до 260°, а кратковременно даже до 510°. В качестве легких заполнителей в этом случае используются эпоксидные, уретановые, фенольно-формальдегидные и силиконовые пенопласты.

В строительной промышленности сэндвичевые конструкции применяют в качестве панелей для стен, не несущих основную нагрузку, а способных лишь выдерживать напряжения от давления ветра, термического расширения и сжатия, а также от удара и вмятия. Возможно использование таких стеновых панелей на стальном каркасе. Аналогичные панели пригодны в качестве материала для крыш одноэтажных домов. Их можно готовить из вспененного полистирола толщиной 50 *мм* в качестве сердцевины и фанеры толщиной 6 *мм*, покрытой меламиновой смолой в качестве облицовочных слоев. Швы заделываются сэндвичевыми рейками на фенольном клею.

Сэндвичевые панели находят большое применение в холодильном оборудовании для изготовления пола, потолка, стен и дверей. Этому способствует водостойкость и хорошие термические свойства большинства пенопластических масс и сотопластов.

«Непотопляемые» катера и легкие суда из материала сэндвичевого типа дешевы и обладают высокой прочностью, устойчивостью на воде, стойкостью к коррозии и рядом других преимуществ. Для изготовления внутреннего слоя в этом случае применяют вспененный полистирол, пеноацетилцеллюлозу или соты на основе бумаги, пропитанной фенольными смолами.

Сэндвич-материалы применяются для производства переправочных средств, жаронепроницаемых и огнезащитных переборок, легкой мебели, контейнеров, внешней облицовки и внутренних перегородок вагонов, автомобилей-холодильников и т. п.

Советские химики проявили немало инициативы и энергии в решении ряда принципиальных вопросов производства и применения газонаполненных и конструкционных пластиков.

Это дает уверенность в том, что огромные задачи, связанные с выполнением исторических решений XXI съезда КПСС о развитии производства и применения синтетических материалов, будут решены и в ближайшие годы реализованы в крупнопромышленном масштабе.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Теплоизоляционные свойства некоторых пенопластов

Наименование материала	Объемный вес (2 $см^3$)	Коэффициент теплопроводности $\left(\frac{кал}{град/час}\right)$	Рабочая температура (градусов)
Жесткие пенопласты на основе привитого поливинилхлорида (ПХВ-1) и полистирола (ПС)	0,05—0,20	0,028—0,04	до 60
Фенольнопековые пенопласты (ФП-40)	0,12—0,15	0,032—0,036	» 150
Эластичный пенополивинилхлорид (ПХВЭ-1)	0,20—0,22	0,050—0,057	» 40
Пенокарбамидный пенопласт (мипора)	0,018—0,022	0,037—0,04	» 100
Пенополивинилхлорид	0,08	0,033	» 40
Пенофенопласт (ФФ)	$\frac{0,045—0,08}{0,11—0,15}$	$\frac{0,034}{0,039}$	» 150
Сотопласты (из стеклоткани, пропитанной смолой)	0,04—0,144	0,025—0,056	» 318
Пеностекло	0,29—0,6	0,1—0,15	более 200
Пенобетон	0,05—0,6	0,12—0,4	то же
Пробкоплиты	0,25	0,052	до 100
Стекломаты	0,08—0,2	0,03—0,038	более 200
Волокнистые плиты	0,27	0,048	до 120

Таблица 2

Звукоизоляционные свойства некоторых типов пенопластов

Название материала	Коэффициент звукопоглощения при 500 *герц*
Эластичный пенополивинилхлорид .	0,48—0,85
» пористый поливинилхлорид	0,92—0,95
Пенофенопласт крупноячеистый . .	0,38—0,66
» мелкоячеистый . .	0,35
Пробка	0,22
Пенополистирол	0,12
Полумягкий пенополивинилхлорид .	0,04
Древесина	0,04
Пробковая мука с фенольно-формальдегидным связующим . . .	0,04

Примечание. Толщина образца 23—25 *мм*.

Таблица 3

Основные физико-механические свойства пенопластов (жестких)

Название материала	Структура пенопласта	Объемный вес ($г/см^3$)	Предел прочности при растяжении ($кг/см^2$)	Предел прочности при сжатии ($кг/см^2$)	Предел прочности при сдвиге ($кг/см^2$)	Водостойкость	Предельная температура эксплуатации (градусов)	Горючесть
Пенополистирол	Жесткая с замкнутыми порами	0,02—0,32	3,5—7	1,05—2,45	1,75—3,15	Поглощение не более 1%	80	Горит
Пенополистирол, вспененный в конструкции (стиропор)	То же	0,03—0,16	3,5—9,1	0,05—7,7 усадка 0,5	1,96—8,1	Поглощение не более 0,5%	78	»
Пенополивинилхлорид	Эластичная или жесткая с открытыми и замкнутыми порами	0,056—0,2	0,7—14	0,1—0,84 усадка 25%	—	Поглощение до 0,3%	50—60	Затухает при удалении пламени
Пенопласт ПХВ-1	То же	0,1—0,2	12—38	5—14	—	То же	65	То же
Пенополиуретаны	»	0,016—0,48	0,17—14	0,35—26,6	—	Поглощение 2% после выдержки 12 час.	120	»
Пеноацетилцеллюлоза	Жесткая с замкнутыми порами	0,096—0,128	11,6—12,8	13,8—16,5	9,8—12,9	Поглощение 14%		Горит со скоростью 12,5 *см/мин*
Пенофенопласты	То же	0,016—0,32	0,28—5,25	0,63—9,1	0,56—8,4	13—15%	200	Медленно горит
Пеноэпоксидные	»	0,08—0,32	3,6—34,3	4,3—68	—	Поглощение за 10 дней 100%	175	Горит
Кремнийорганические пенопласты	Жесткая или эластичная с замкнутыми порами	0,1—0,32	—	7—22,5	—	3%	370	Не горит

Таблица 4

Основные физико-механические свойства сотопластов

Материал	Структура	Объемный вес, (*г/см*^{3})	Предел прочности при сжатии (*кг/см*^{2})	Водостойкость	Предельная температура эксплуатации (градусов)	Горючесть
Соты из стеклоткани, пропитанной смолой	Соты размером 5; 6; 25; 9,5 *мм*	0,04—0,144	8,75—154	Превосходит соты на основе бумаги	316	Зависит от смолы
Соты из алюминиевой фольги	Соты размером 3; 5; 6; 9; 19 *мм*	0,025—0,123	3,1—68 (для сот 15 *мм*)	Не поглощает	180—205	Не горит
Соты из бумаги, пропитанной смолой	Соты размером 12,5; 18,8; 25 *мм*	0,021—0,037	3,15—9,4	Сохраняет 50% прочности при повышенной влажности	205	Горит

Таблица 5

Прочность некоторых конструкционных материалов

Материалы	Удельный вес (γ) (*г/см*³)	Сопротивление растяжению (σ) (*кг/мм*²)	Модуль упругости (*кг/мм*²)	Удельная прочность* (σ/γ)
Сталь 30ХГСА	7,85	160	21 000	20
Сталь СТ-5	7,85	38—47	21 000	5
Дуралюмин Д16	2,8	42—46	7 200	15
Прессовый стеклопласт СВАМ	1,9	48,50	3 500	26
Прессовый стеклопласт КАСТ-В	1,85	30,32	2 200	17
Контактный стеклопласт на полиэфиракрилатах (СТ-39)	1,55	28—30	1 600	18
Слоистый древесный пластик, листовой (беролит, дельта-древесина).	1,35	21—25	1 600	16
Текстолит	1,35	17—18	1 000	13

* Удельная прочность — прочностная характеристика материала, отнесенная к единице веса.

ЛИТЕРАТУРА

Большие молекулы. Сборник. Изд-во Академии наук СССР. М. 1959.

А. А. Берлин. Основы производства газонаполненных пластмасс и эластомеров. Госхимиздат. М. 1954.

Б. А. Киселев. Стеклопластмассы — материал будущего. Изд-во Академии наук СССР. М. 1959.

А. А. Берлин. Исследования в области химии и технологии древесины и древесных пластмасс. Гослесбумиздат. М. 1950.

С. З. Яхнин, К. Д. Ламба. Пластические массы и их применение на железнодорожном транспорте. Трансжелдориздат. М. 1954.

С. В. Гекель. Древесные пластмассы. Изд-во Академии наук СССР. М. 1959.

А. К. Варденбург. Пластические массы в электротехнической промышленности. Госэнергоиздат. М. 1957.

60 коп.

ТОВАРИЩИ!

В 1960 году издательство «Знание» будет выпускать 12 серий брошюр-лекций (средний объем брошюр всех серий — 2,5 печатных листа).

Серии	Количество брошюр в год	Подписная цена	
		на год	на полгода
Первая серия — историческая	36	21—60	10—80
Вторая серия — философская	36	21—60	10—80
Третья серия — экономическая	36	21—60	10—80
Четвертая серия — научно-техническая	36	27—00	13—50
Пятая серия — сельскохозяйственная	24	15—60	7—80
Шестая серия — по вопросам литературы и искусства	24	15—60	7—80
Седьмая серия — международная	24	14—40	7—20
Восьмая серия — по вопросам биологии и медицины	24	18—00	9—00
Девятая серия — по вопросам физики и химии . .	24	18—00	9—00
Десятая серия — молодежная	12	7—20	3—60
Одиннадцатая серия — педагогическая	24	14—40	7—20
Двенадцатая серия — «Библиотечка сельского лектора»	24	15—60	7—80

Начиная с 1960 года, в каждую брошюру будут включаться краткие методические материалы в помощь лекторам, а также материалы в помощь занимающимся самообразованием (рекомендательные списки литературы, словарики, цифры и факты и пр.).

Подписывайтесь на брошюры-лекции издательства «Знание»!

Подписка принимается **с 1 октября 1959 года** городскими и районными отделениями «Союзпечать», конторами, отделениями и агентствами связи, почтальонами, а также общественными уполномоченными по подписке на фабриках, заводах, в совхозах и колхозах, в учреждениях и учебных заведениях.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний